

А. А. Уманский, В. Н. Кадыков
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк,
А. В. Головатенко
ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»
г. Новокузнецк,
umanskii@bk.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ ПРОКАТКИ

С использованием результатов экспериментальных исследований влияния термомеханических условий прокатки на сопротивление деформации рельсовой стали Э78ХСФ разработана методика прогнозирования сопротивления деформации рельсовой стали при изменяющемся химическом составе металла. Проверка адекватности разработанной методики путем сравнения расчетных и фактических данных по усилию прокатки на рельсобалочном стане ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» показана возможность ее использования при разработке новых режимов прокатки в условиях действующих прокатных станов.

Ключевые слова: сопротивление деформации, рельсы, усилие прокатки, химический состав стали.

Using the results of experimental studies of the influence of thermomechanical rolling conditions on the deformation resistance of rail steel developed a method for predicting the deformation resistance of rail steel with changing the chemical composition of the metal. Verification of the adequacy of the developed technique by comparing the calculated and actual data on the rolling force on rolling mill of "EVRAZ ZSMK" shows the possibility of its use in the development of new modes of operating conditions in rolling mills.

Keywords: deformation resistance, rails, rolling force, the chemical composition of the steel.

Сопротивление стали пластическому деформации (сопротивление деформации) является характеристикой, в значительной степени определяющей величину нагрузок на основное и вспомогательное оборудование прокатных станов. При этом на сегодняшний день в литературных источниках имеются достоверные данные о величинах сопротивления деформации только для ограниченного количества марок стали [1, 2], в частности отсутствуют данные о сопротивлении деформации рельсовых сталей. Таким образом, достоверный прогноз действительных значений сопротив

ления деформации при различных условиях прокатки и изменяющемся химическом составе рельсовой стали является актуальной проблемой.

С целью определения влияния температурно-скоростных параметров прокатки на сопротивление деформации рельсовой стали проведены экспериментальные исследования методом испытаний на горячую осадку с использованием специальной установки «Hydrawedge II» – модуля комплекса для физического моделирования «Gleeble System 3800» (рис. 1).

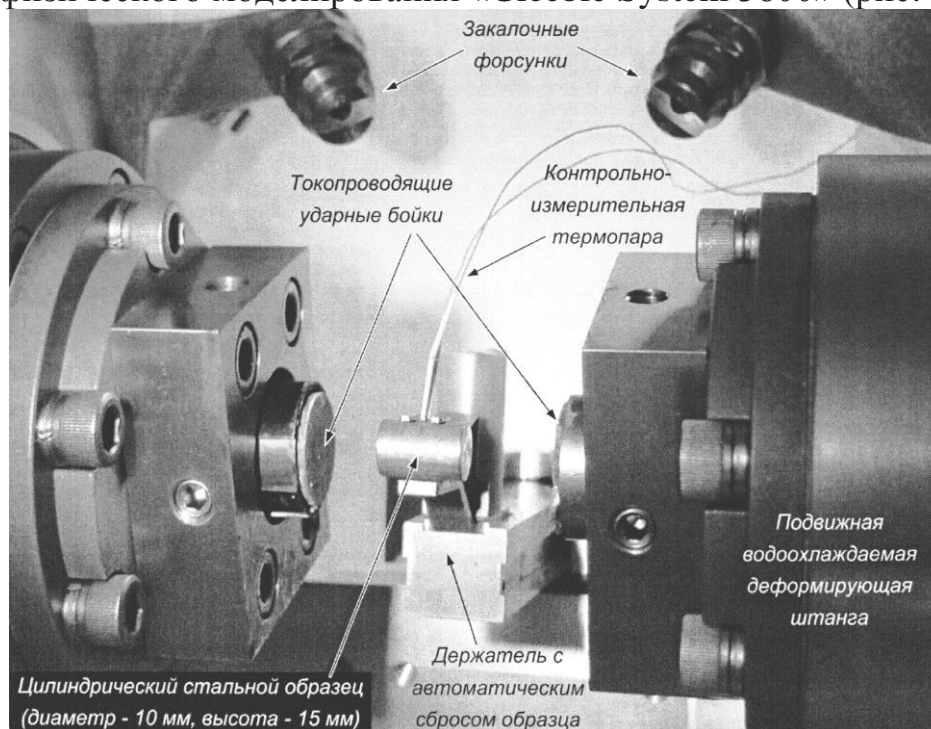


Рис. 1. Рабочая камера модуля «Hydrawedge II» комплекса «Gleeble System 3800»

При проведении исследований на установке «Hydrawedge II» испытания на горячую осадку проводили при скорости деформации $0,1 \text{ с}^{-1}$, 1 с^{-1} и 10 с^{-1} ; температурах 900°C , 950°C , 1000°C , 1050°C , 1100°C и 1150°C и степени относительной деформации в интервале до 1,0. Использовали образцы 4 плавок стали Э78ХСФ, вырезанные из головки рельсов.

Характер полученных графических экспериментальных зависимостей (на примере образцов от рельса одной из плавок, рис. 2) свидетельствует, что при увеличении степени деформации до некоторого предела происходит увеличение значений сопротивления деформации, а затем (при достижении указанного предела) сопротивление деформации остается практически на том же уровне или незначительно снижается. Далее, при достижении степени деформации более 0,70, сопротивление деформации вновь возрастает.

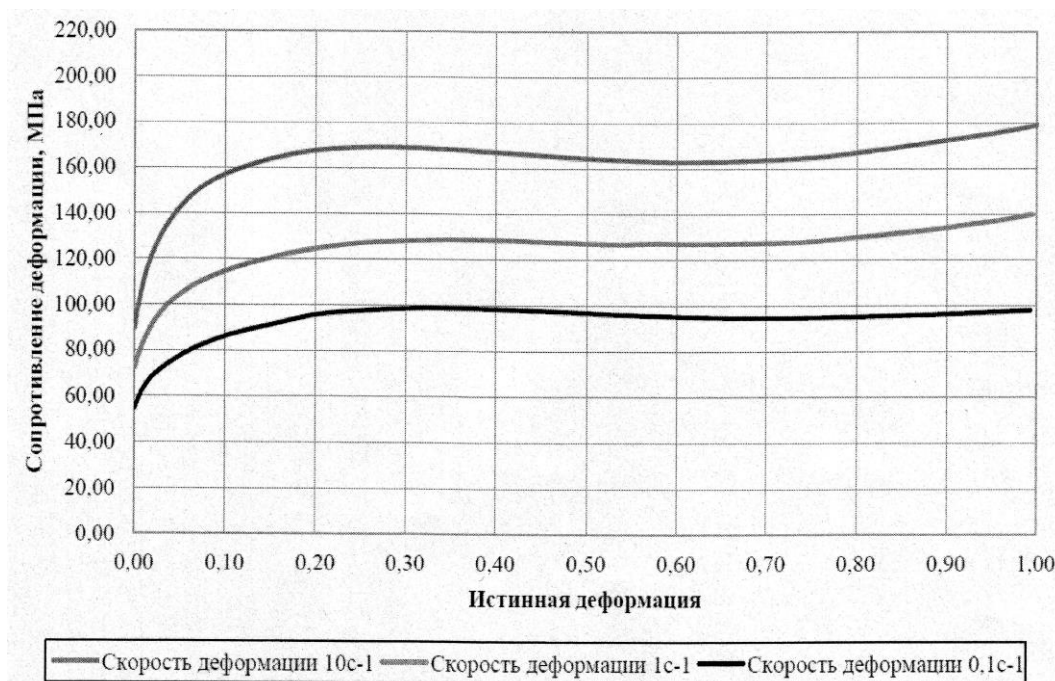


Рис. 2. Зависимость сопротивления деформации стали Э78ХСФ от скорости и степени деформации при температуре 950°

На основании обработки полученных экспериментальных зависимостей сопротивления деформации от термомеханических параметров прокатки получено уравнение вида:

$$\sigma = A \cdot e^{m_1 \cdot t} \cdot \varepsilon^{m_2} \cdot e^{\frac{m_4}{\varepsilon}} \cdot (1 + \varepsilon)^{m_5 \cdot t} \cdot e^{m_7 \cdot \varepsilon} \cdot u^{m_8 \cdot t}, \quad (1)$$

где A, m_1-m_8 – константы;

t – температура прокатки, °C;

ε – степень деформации;

u – скорость деформации, с⁻¹.

Далее с использованием методики множественного регрессионного анализа исследовали влияние содержания в стали Э78ХСФ основных химических элементов (C, Si, Mn, Cr, S, P, V) на величину констант уравнения (1).

В результате получены уравнения регрессии вида:

$$A = 43654 + 69118 \cdot S, \quad (2)$$

$$m_1 = -0,0033 - 0,0043 \cdot V, \quad (3)$$

$$m_2 = 0,2607 - 5,7663 \cdot P, \quad (4)$$

$$m_4 = -0,0025 + 0,00308 \cdot C + 0,00025 \cdot Mn, \quad (5)$$

$$m_5 = -0,0015 + 0,0475 \cdot P, \quad (6)$$

$$m_7 = -0,407 + 0,655 \cdot Mn, \quad (7)$$

$$m_8 = 0,0002 - 0,0012 \cdot V \quad (8)$$

Для проверки достоверности полученных зависимостей (1–8) с их использованием провели расчет сопротивления деформации и усилия прокатки для обжимных клеток универсального рельсобалочного стана ОАО

«ЕВРАЗ ЗСМК» при прокатке стали Э78ХСФ. Расчет усилия прокатки производили по стандартной методике согласно рекомендациям [3].

Сравнительный анализ расчетных и фактических данных по усилию прокатки показал, что погрешность не превышает 15 %. Таким образом, показана возможность использования полученных аналитических зависимостей сопротивления деформации от химического состава стали и температурно-скоростных параметров прокатки при разработке новых режимов прокатки в условиях действующих прокатных станов.

Список литературы

1. *Карпов С. В.* Сопротивление деформации марганцовистых сталей / С. В. Карпов, А. А. Банщиков, А. С. Карпова // Ползуновский альманах. 2003. № 8. С. 123–126.
2. *Зюзин В. И.* Сопротивление деформации сталей при горячей прокатке / В. И. Зюзин, М. Я. Бровман, А. Ф. Мельников. М.: Металлургия, 1964. 270 с.
3. *Смирнов В. К.* Калибровка прокатных валков / В. К. Смирнов, В. А. Шилов, Ю.В. Инатович. М.: Теплотехник, 2008. 490 с.